Che cos'è il campo geomagnetico?!

by Hayanon

versione inglese a cura di T. Oguti, N. Niitsuma, Y. Noda, Y. Kamide
versione italiana a cura di M. Candidi, P. Francia, F. Di Laura

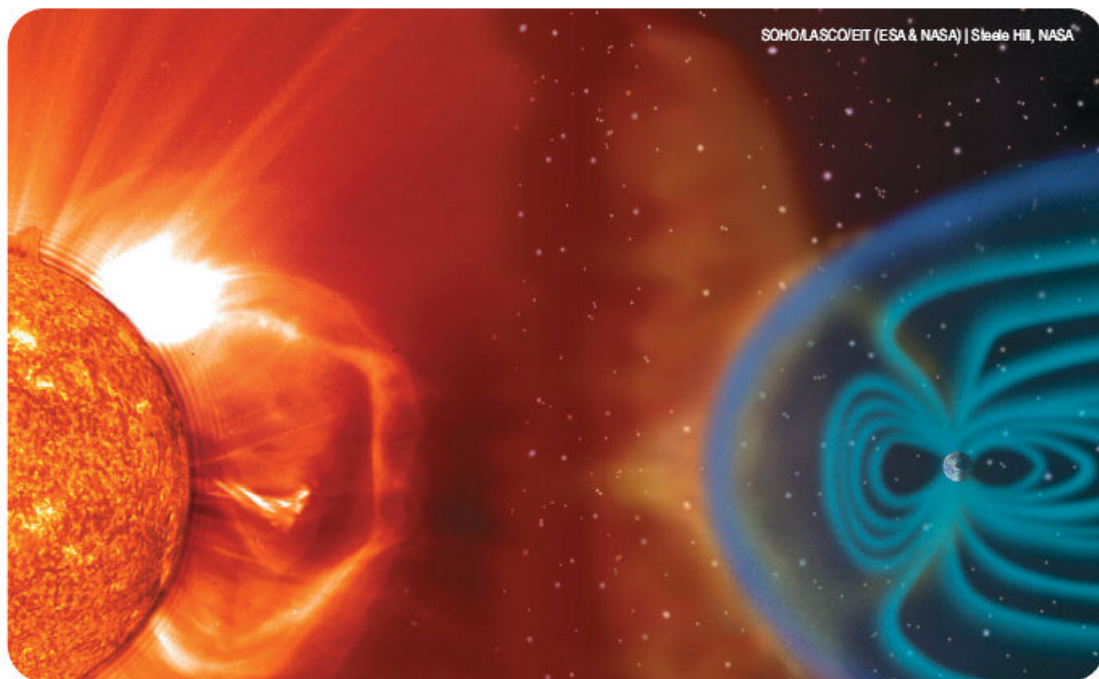
Un messaggio da Carl Friedrich Gauss

C. F. Gauss (1777-1855)

Sono nato in Germania, figlio di un semplice giardiniere. Da ragazzino, trovavo spesso degli errori nei calcoli fatti da mio padre per determinare lo stipendio dei suoi dipendenti. Questo mi divertiva di più che non giocare in cortile. Una volta il mio maestro mi chiese di calcolare la somma dei primi cento numeri interi e io gli risposi in pochi secondi.

Infatti è abbastanza semplice. Si compongano 100 coppie di numeri, ognuna delle quali risulti formata da due numeri la cui somma sia uguale a 101, come 1+100, 2+99 etc...
Poi si moltiplichi 101 per 100 ottenendo 10100. Il risultato

$$
\begin{array}{l}
1 + 2 + 3 + \cdots + 98 + 99 + 100 \\
100 + 99 + 98 + \cdots + 3 + 2 + 1 \\
\hline
101 + 101 + 101 + \cdots + 101 + 101 + 101 \\
= 101 \times 100 = 10100 \\
10100 \div 2 = 5050
\end{array}
$$

diviso 2, cioè 5050, è la risposta. Probabilmente vi è noto che molti teoremi in matematica e fisica, unità di misura e formule portano il mio nome. Infatti, all'età di 30 anni, sono diventato professore all'Università di Gottinga, dove mi sono divertito con la teoria dei numeri, il metodo dei minimi quadrati e la teoria del potenziale. Cari lettori, è per me un piacere farvi conoscere in questo racconto i risultati che ho ottenuto nella stima dell'intensità del campo geomagnetico, utilizzando l'analisi in armoniche sferiche da me ideata. A tale scopo ho usato dati ottenuti con il sostegno della Royal Astronomical Society, da 100 località sparse nel mondo. A proposito, ho saputo che l'intensità del campo geomagnetico è diminuita da quando io l'ho misurata. È davvero preoccupante.

La Terra, rappresentata come una piccola sfera blu in questo disegno, è immersa nell'atmosfera solare. La Terra è un grande magnete la cui forza invisibile ci protegge dalle dannose radiazioni del Sole. Grazie al campo geomagnetico e all'atmosfera terrestre possiamo vivere in sicurezza e tranquillità sul nostro bel pianeta.

MOL E MIRUBO VISITANO UN PLANETARIO PER AMMIRARE SPLENDIDE AURORE

CIAO, SONO MOL, E QUESTO È IL MIO CANE ROBOTICO MIRUBO. LA MIA MATERIA PREFERITA A SCUOLA È SCIENZE!

CHE COSA C'È ?
OH, SEI TU MAESTRO ?!

CHIEDIAMOLO A LUI !
SI POTRANNO VEDERE LE AURORE IN GIAPPONE E IN ITALIA ?

CERTAMENTE !
CHE COLPO !
WHAAAAM
VEDI, HO SEMPRE RAGIONE !

MA NON ACCADRÀ PRIMA DI 1000 ANNI
1000 ANNI ?! PERCHÉ ? NON POSSO ASPETTARE COSÌ A LUNGO !
HA HA AH

VOGLIO VEDERE UN'AURORA QUI E OGGI !
VERAMENTE NON È COSÌ SEMPLICE, PERCHÉ LE AURORE SONO LEGATE AL CAMPO GEO-MAGNETICO

CAMPO GEO... CHE COSA ?
!?
GEL MAGNETICO ?

HO DETTO GEOMAGNETICO !! SAPETE CHE COS'È QUESTA ?
UHMMM...

UNA BU... BUSSOLA ?
ESATTO
SII !

PERCHÉ LA BUSSOLA PUNTA VERSO IL NORD ?

IO NON LO SO...
ALLA BUSSOLA PIACE QUALCUNO A NORD...
SII SERIO MIRUBO !

LA TERRA STESSA È UN IMMENSO MAGNETE !
LINEE DI CAMPO MAGNETICO
POLO NORD GEOGRAFICO
POLO NORD MAGNETICO
I POLI MAGNETICI SONO DIVERSI DAI POLI GEOGRAFICI
S
N
POLO SUD GEOGRAFICO
POLO SUD MAGNETICO
DAVVERO ?
CHE COSA ?

HO CAPITO ! L'AGO È SPINTO DALLA FORZA MAGNETICA CHE VIENE DAL NORD MAGNETICO
OTTIMO !

DEL CAMPO GEOMAGNETICO MI INTERESSA SOLO SAPERE SE PUÒ RIDURRE IL PESO...
CHE COSA CE NE IMPORTA ?
...SULLE MIE SPALLE !
CERTO CHE È IMPORTANTE PER NOI !

DALLA GALASSIA ARRIVANO SULLA TERRA PARTICELLE DI ALTA ENERGIA, CHIAMATE RAGGI COSMICI, E DAL SOLE ARRIVA IL VENTO SOLARE...
...CON VELOCITÀ FORMIDABILI

IL CAMPO MAGNETICO TERRESTRE, CHIAMATO GEOMAGNETICO...
...PROTEGGE LA TERRA DAI RAGGI COSMICI E DAL VENTO SOLARE...
...PROPRIO COME UNA BARRIERA !

SENZA QUELLA BARRIERA, IL VENTO SOLARE SPAZZEREBBE VIA L'ATMOSFERA

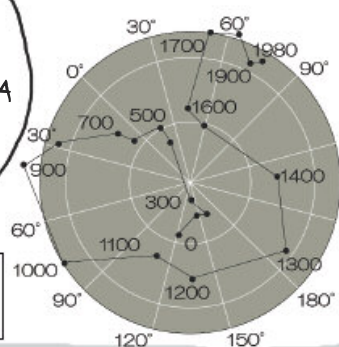
E I RAGGI COSMICI POTREBBERO DISTRUGGERE I NOSTRI NERVI OTTICI
COME PURE TUTTE LE ALTRE CELLULE, CAUSANDO...

...LA MUTAZIONE O PERFINO L'ESTINZIONE
DELLA VITA SULLA TERRA !!

IL CAMPO GEOMAGNETICO È GRANDE !!
EVVIVA!
MA QUESTA BARRIERA AMICA NON ESISTERÀ PER SEMPRE

NOO ?! AHI AHI...
IL CAMPO GEOMAGNETICO CAMBIA CONTINUAMENTE

ATTUALMENTE IL POLO NORD GEOMAGNETICO È QUI, A 11,5° DAL POLO NORD GEOGRAFICO, NELL'ANGOLO NORD-OCCIDENTALE DELLA GROENLANDIA
ATTORNO AD ESSO SI STENDE LA LINEA CHIAMATA "FASCIA AURORALE", DOVE SPESSO SI POSSONO VEDERE LE AURORE

IL POLO NORD GEOMAGNETICO SI È MOSSO NELLA LUNGA STORIA DELLA TERRA
MOTO DEL POLO NORD GEOMAGNETICO DURANTE GLI ULTIMI 2000 ANNI
30°
60°
0°
90°
1700
1980
1900
1600
700
500
30°
900
1400
300
60°
1100
0
1000
1300
1200
90°
180°
120°
150°

NON SOLO CAMBIA LA POSIZIONE DEI POLI GEOMAGNETICI, MA ANCHE L'INTENSITÀ GEOMAGNETICA

L'INTENSITÀ GEOMAGNETICA È DIMINUITA DEL 10% NEGLI ULTIMI 200 ANNI, DA QUANDO È STATA MISURATA PER LA PRIMA VOLTA DA GAUSS, ALL'INIZIO DEL 19° SECOLO

PER QUESTO MOTIVO L'AURORA SI SPINGERÀ SEMPRE PIÙ A SUD. CI SI ASPETTA CHE LA FASCIA AURORALE RAGGIUNGERÀ IL GIAPPONE E L'ITALIA FRA 1000 ANNI

SE L'INTENSITÀ DEL CAMPO GEOMAGNETICO CONTINUERÀ A DIMINUIRE ALLA STESSA VELOCITÀ, SI ANNULLERÀ FRA 1200 ANNI !
BANG!
8.6
8.0
CO...COSA ?!

QUESTO È IL MOTIVO PER CUI PENSIAMO CHE LE AURORE SI POTRANNO VEDERE IN GIAPPONE E IN ITALIA TRA 1000 ANNI. PERÒ AUMENTERANNO ANCHE I RAGGI ULTRA-VIOLETTI E I RAGGI COSMICI...

...CHE CADONO SULLA TERRA

DOBBIAMO STARE LONTANI DA LORO !

SPF 160

IL TERRITORIO DI CHIBA, IN GIAPPONE, COME PURE ALTRI NEL MONDO, CONSERVA TRACCE GEOMAGNETICHE DI ALTA QUALITÀ...

QUANDO IL CAMPO GEOMAGNETICO SI INDEBOLISCE, SI SPEZZA IN PICCOLE REGIONI E NON COPRE TUTTA LA TERRA

MA ALLORA, LE AURORE SARANNO VISIBILI IN DIVERSI POSTI DEL MONDO !
MAGICO

QUALCUNO PENSA CHE L'ESTINZIONE DEI DINOSAURI, ALLA FINE DEL PERIODO CRETACEO, SIA COLLEGATA ALLE INVERSIONI DI POLARITÀ DEL CAMPO
CASPITA, È INCREDIBILE !

NON VOGLIO PIÙ VEDERE AURORE IN POSTI COME L'ITALIA O IL GIAPPONE
I CAMBIAMENTI NEL CAMPO MAGNETICO TERRESTRE CAUSANO PROBLEMI SERI

QUESTO NON VALE SOLO PER IL PASSATO. DOBBIAMO ANCORA FAR FRONTE AI PROBLEMI CHE DERIVANO DALLE CONDIZIONI DEL CAMPO GEOMAGNETICO. SE NON CI FOSSE QUESTO CAMPO, L'OZONO SAREBBE RIDOTTO DAI RAGGI COSMICI E I BUCHI DELL'OZONO SI ESPANDEREBBERO CON RAPIDITÀ

IL CAMPO GEOMAGNETICO PROTEGGE ANCHE LO STRATO DI OZONO !
L'IMPATTO SULLA RIDUZIONE DELL'OZONO È DI GRAN LUNGA SUPERIORE A QUELLO PROVOCATO DAI CLOROFLUOROCARBURI
HUUU

SÌ, È IL NOSTRO SCUDO PROTETTIVO !
IL CAMPO GEOMAGNETICO È UN MURO INVISIBILE E POTENTE !

MAESTRO, DA CHE COSA HA ORIGINE IL CAMPO GEOMA-GNETICO ?
E COME AVVIENE L'INVERSIONE DEL CAMPO ?

SFORTUNATAMENTE NON C'È UNA RISPOSTA
ALLE VOSTRE DOMANDE
NO ?!

L'INTERNO DELLA TERRA È TROPPO CALDO PERCHÉ UNA CALAMITA POSSA SOPRAVVIVERE, QUINDI IL MAGNETE TERRESTRE
DEVE ESSERE UN ELETTROMAGNETE, COSÌ QUANDO LE CORRENTI CAMBIANO DIREZIONE, ANCHE I POLI MAGNETICI SEGUONO IL CAMBIA-MENTO
QUESTE IPOTESI, PERÒ, NON SONO ANCORA STATE PROVATE !

UHMMM, È UN MISTERO...
NATURALMENTE, MOLTI RICERCATORI LAVORANO SU QUE-STO PROBLEMA

IO VORREI DAVVERO VEDERE LE AURORE QUI, MA...
...SPERO CHE I POLI NON SI INVERTANO MAI !

CIELO, SANTI DEL PARADISO E...
...GEOMAGNETISMO, PER FAVORE SALVATECI !!
PLEASE HELP!!

MI SPIACE, MA UN GIORNO SUCCEDERÀ
È UNA LEGGE DELLA NATURA
UUUUH...

...WHAAAH !!
CHE COSA POSSO FARE ?
NON HAI NESSUNA BUONA IDEA ?

NULLA !
È UNA QUESTIONE DELLA NATURA ED È FUORI DAL NOSTRO CONTROLLO !

VIVRÒ NELLA PAURA FINO A QUANDO NON AVVERRÀ IL DISASTRO !
WEE EEP
PIANGERE NON SERVE A NULLA

SU, DAI, NON PREOCCUPARTI TROPPO
BOO-HOO

L'INTERVALLO DI 1200 ANNI PERCHÉ IL CAMPO GEOMAGNETICO SI ANNULLI È STATO DEDOTTO DAI DATI DEGLI ULTIMI 200 ANNI. NESSUNO PUÒ PREVEDERE CON ESATTEZZA QUANDO CIÒ AVVERRÀ
SOFFIATI IL NASO
SIGH !

COMUNQUE ABBIAMO ANCORA 1200 LUNGHI ANNI
SÌ, GIUSTO !
RILASSATI, MOL.

IO NON LA PENSO COSÌ, 1200 ANNI PASSANO VELOCEMENTE
NOOO !
PER FAVORE, NO
HI HI HI
SCHERZA

URRAH PER IL CAMPO GEOMAGNETICO !!

SPERO CHE IL CAMPO GEOMAGNETICO POSSA SENTIRTI

AH AH AH

MOL E MIRUBO ORA CAPISCONO L'IMPORTANZA DEL CAMPO GEOMAGNETICO CHE COPRE LA TERRA E PROTEGGE TUTTE LE FORME DI VITA.

Che cos'è il campo geomagnetico?

Ciao Mol e Mirubo. Parliamo del potere del campo magnetico terrestre.

Ho capito che la Terra stessa è un grande magnete!

Wow, voglio comprare un magnete così grande. Quanto costa?

Parlando seriamente, anche se la Terra ha un campo magnetico, non c'è un magnete immerso al suo interno.

Che cosa significa? Qualcuno ha scavato nelle profondità della Terra? Da dove viene il magnete terrestre?

Più è alta la temperatura della regione in cui si trova, più il magnete perde la sua forza. All'interno della Terra è di qualche migliaio di gradi, troppo perché il magnete possa sopravvivere.

Sembra interessante! Farò un esperimento con le mie calamite.

Questa è una buona idea. Un esperimento vale più di mille parole. Ti darò un'indicazione. Nell'interno della Terra ci sono metalli fusi che trasportano corrente elettrica.

Un elettromagnete!

Giusto! All'interno della Terra c'è un elettromagnete che, come una calamita, genera un campo magnetico. Quando cambia l'intensità e la direzione delle correnti, cambia l'orientazione dei poli magnetici.

Oh mamma! Non potrò più usare la mia bussola dopo che i poli geomagnetici si saranno invertiti.

Non ti preoccupare. Accadrà in un futuro lontano 1000 anni.

Ah, deve passare molto, molto tempo.

Nella storia della Terra, tuttavia, 1000 anni sono pochi. In ogni caso, il campo geomagnetico cambia sempre. Durante le aurore scorre una gran quantità di corrente elettrica. I fenomeni chiamati "tempeste magnetiche" causano intense correnti elettriche che inducono campi magnetici in tutto il mondo.

Sono molto intense? Abbastanza intense da farmi del male?

Al massimo 1-10 milioni di ampère.

Davvero? In casa mia ci sono solo 30 ampère!

Lo sai quali animali possono percepire il campo magnetico della Terra?

Non lo so. Forse tu?

No, io non ho un tale potere ma i piccioni, i delfini, gli uccelli migratori sì. Sono stati fatti molti esperimenti sulla loro capacità di percepire i campi magnetici.

Mirubo, mi sa che tu hai bisogno di installare un sensore magnetico nel tuo cervello. Non hai affatto il senso dell'orientamento.

Non scherzare, Mol!

Linea diretta con il campo geomagnetico!

AURORE
Manifestazioni luminose nelle regioni polari causate dal vento solare. Il vento solare entra nella magnetosfera terrestre, si propaga nel lato notturno e accelera lungo le linee del campo magnetico. Quindi collide con l'atmosfera sopra le regioni polari, generando le luci. L'aurora si manifesta 100-500 km sopra lasuperficie terrestre.

CARL FIEDRICH GAUSS (1777-1855)
Gauss è stato un matematico e fisico tedesco. Nel 1839 dimostrò che il campo magnetico della Terra ha origini interne e non esterne alla Terra. Il Gauss è l'unità di misura dell'intensità del campo magnetico.

BUSSOLA
Uno strumento utile per orientarsi, dotato di un ago magnetico. Quando due calamite sono poste vicine, il polo N dell'una attrae il polo S dell'altra, mentre due poli S o due poli N si respingono. Il polo N di una bussola punta verso il polo S geomagnetico che è posto nella regione polare nord, quindi ci indica il nord.

RAGGI COSMICI
Particelle energetiche che si muovono nello spazio. Comprendono sia le particelle che arrivano dallo spazio interstellare sia le particelle, di alta energia, emesse dai brillamenti solari. I raggi cosmici sono assorbiti o attenuati nell'atmosfera terrestre ad un'altezza di 100-500 km.

PERIODO CRETACEO
Questo periodo corrisponde all'ultima fase dell'era Mesozoica, compresa fra circa 140 e 65 milioni di anni fa. Il clima era mite, le piante erano esuberanti e i dinosauri prosperavano. Alla fine del Cretaceo i dinosauri e le ammoniti si estinsero. Le cause dell'estinzione potrebbero essere: la caduta di un meteorite, drastici cambiamenti climatici, l'inversione del campo geomagnetico etc. Dopo il Mesozoico ci fu l'era Cenozoica, l'era dei mammiferi.

FORAMINIFERI
I foraminiferi sono piccoli organismi unicellulari che si trovano soprattutto nel mare. Hanno conchiglie calcaree formate dal diossido di carbonio presente nell'aria.

CAMPO GEOMAGNETICO
La Terra ha le proprietà magnetiche di una grande calamita con il polo N nella regione polare sud e il polo S nella regione polare nord. Il campo magnetico generato circonda la Terra.

CARBONIO ORGANICO
La materia vivente è costituita da composti organici associati al carbonio. Quando muoiono animali o piante, il carbonio organico immagazzinato forma il diossido di carbonio.

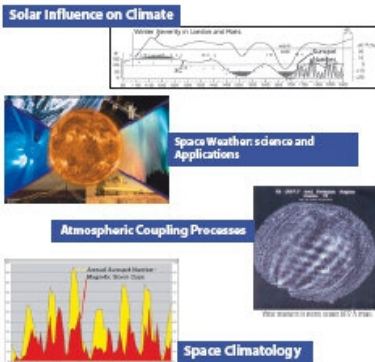
BUCO DELL'OZONO
Lo strato di ozono è situato a un'altezza di circa 30 km e circonda la Terra. Nel 1980 si osservò un suo assottigliamento nella stratosfera sopra l'Antartide, come un buco intorno al polo sud. È noto che il buco di ozono diventa più grande in settembre.

PLASMA
Ogni sostanza è fatta di atomi. Quando gli elettroni, che sono carichi negativamente, vengono "strappati" dagli atomi, si formano ioni positivi. Un gas di particelle cariche positive e negative è detto plasma. Oltre il 99% dell'universo è costituito da plasmi, diversi da solidi, liquidi e gas. Questo è il motivo per cui il plasma è detto quarto stato della materia.

VENTO SOLARE
Flusso di particelle cariche (plasma) proveniente dal Sole. Il vento solare trascina il campo magnetico della Terra e forma una coda in direzione antisolare. Anche la coda di una cometa si forma allo stesso modo.

LUCE ULTRAVIOLETTA
Il Sole emette luce a varie lunghezze d'onda. Fra di esse c'è la luce ultravioletta, di alta energia, con lunghezza d'onda di 400 nanometri. La luce ultravioletta è dannosa per la vita umana poiché può causare il cancro o danni genetici. Tuttavia è per lo più assorbita nello strato di ozono a 30 km di altezza.

L'Università dell'Aquila è coinvolta nel campo della Fisica delle Relazioni Sole-Terra attraverso un gruppo di ricerca operante presso il Dipartimento di Fisica. Tale gruppo vanta una lunga esperienza nello studio dell'interazione della magnetosfera terrestre con il vento solare e degli effetti, correlati con l'attività solare, della variabilità del vento solare e del campo magnetico interplanetario sulla dinamica magnetosferica.
Il gruppo ha la responsabilità dell'International Space Science School e del Consorzio Area di Ricerca in Astrogeofisica. Il Consorzio, che riunisce le competenze dei gruppi operanti presso Università dell'Aquila, INGV e INAF, promuove attività di ricerca, alta formazione e divulgazione nei settori dell'Astrofisica, della Fisica dello Spazio Interplanetario, delle Relazioni Sole-Terra e della Geofisica.
http://sole-terra.aquila.infn.it

Il Solar-Terrestrial Environment Laboratory (STEL) della Nagoya University è gestito grazie ad una cooperazione inter-universitaria in Giappone.
Il suo scopo è quello di promuovere "la ricerca sulla struttura e la dinamica del sistema Sole-Terra", in collaborazione con numerose Università e Istituti sia in Giappone sia all'estero.
Questo Istituto è costituito da quattro Divisioni di ricerca: Ambiente Atmosferico, Ambiente Ionosferico e Magnetosferico, Ambiente Eliosferico, Studi Integrati.
Anche il "Center for Joint Observations and Data Processing" è affiliato allo STEL per coordinare progetti di ricerca congiunti e costruire data bases.
Nei suoi sette Osservatori/Stazioni distribuiti su tutta la nazione, sono condotte osservazioni di vari componenti fisici e chimici.
www.stelab.nagoya-u.ac.jp

CAWSES è un programma internazionale sponsorizzato da SCOSTEP (Commissione Scientifica per la fisica delle relazioni Sole-Terra) ed è stato istituito con lo scopo di accrescere significativamente la conoscenza dell'ambiente spaziale e il suo impatto sulla vita e sulla società.
Le funzioni principali di CAWSES sono sostenere e coordinare le attività internazionali di osservazione e di sviluppo di teorie e modelli cruciali per il raggiungimento di questa conoscenza, di coinvolgere ricercatori dei Paesi sviluppati e in via di sviluppo, e di favorire opportunità per l'educazione degli studenti di ogni livello. CAWSES ha sede presso l'Università di Boston, MA, USA. I quattro temi scientifici di CAWSES sono mostrati nella figura accanto.

www.bu.edu/cawses
www.scostep.ucar.edu

Hayanon

Laureata in Fisica all'Università di Ryukyu, Hayanon, scrittrice e cartoonist, ha contribuito a numerose collane in note riviste, grazie alla sua ampia cultura scientifica e alla conoscenza dei giochi elettronici. Il suo stile coerente e il suo amore per la scienza sono molto apprezzati.
www.hayanon.jp

Kodomo no Kagaku (Science for Children)

Kodomo no Kagaku, pubblicato da Seibundo Shinkosha Publishing Co. Ltd., è una rivista mensile per ragazzi. Sin dal numero iniziale, nel 1924, questa rivista ha sempre promosso l'educazione scientifica evidenziando i fenomeni scientifici sotto vari punti di vista.
www.seibundo-shinkosha.net

- **Che cos'è il campo geomagnetico?!** è la versione italiana di **What is the Geomagnetic Field?!** pubblicato in cooperazione con Kodomo no Kagaku.
- Progetto grafico per i contenuti extra a cura del Laboratorio Grafica e Immagini INGV - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.
- Diffusione telematica per l'Italia a cura di Astro Publishing di Pirlo L. - Via Bonomelli, 106 - 25049 Iseo (BS) www.astropublishing.com - info@astropublishing.com
- La rivista l'Astrofilo è proprietà di Astro Publishing ed è registrata presso il Tribunale di Brescia al n. 51 del 19/11/2008 - Direttore responsabile: Michele Ferrara - Direttore scientifico: Enrico Maria Corsini.